วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 (2557) 9-15
Available online at www.tsae.asia

บทความวิจัย
ISSN 1685-408X

การออกแบบและพัฒนาเครื่องแทงดีบัว

Design and Development of a Lotus Seed Embryo Removing Machine

จตุรงค์ ลังกาพินธุ์[1*], สุนัน ปานสาคร[1], ภูรินทร์ อัครกุลธร[2]

Jaturong Langkapin[1*], Sunan Parnsakhorn[1], Purin Akarakulthon[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ธัญบุรี, ปทุมธานี, 12110

[1]Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi Pathumthani, 12110

[2]ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ธัญบุรี, ปทุมธานี, 12110

[2]Department of Post Harvesting Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani, 12110

*Corresponding author: Tel: +66-2-549-3328, Fax: +66-2-549-3581, E-mail: Leaw44@yahoo.com

บทคัดย่อ

เครื่องแทงดีบัวถูกออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อลดเวลาและแรงงานในขั้นตอนการแทงดีบัว เครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง ชุดลำเลียงเมล็ดบัว ชุดแทงดีบัว ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์เกียร์เป็นต้นกำลัง หลักการทำงานของเครื่อง เริ่มจากผู้ทำงานป้อนเมล็ดบัวหลวงลงในเบ้ารับเมล็ดบัวของชุดลำเลียงทางด้านท้ายของเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัวจะถูกลำเลียงเข้าสู่ชุดแทงดีบัวเพื่อแทงดีบัวออกจากเมล็ด ดีบัวที่ถูกแทงออกมาจะร่วงลงสู่ช่องรับดีบัว ส่วนเมล็ดบัวจะเคลื่อนที่ต่อไปกับชุดลำเลียงเมล็ดบัวและร่วงลงสู่ช่องรับเมล็ดบัวทางด้านหน้าของเครื่อง จากการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ความเร็วของชุดลำเลียง 0.5 m min^{-1} มีเปอร์เซ็นต์ในการแทงดีบัว 70±5.2% ความเสียหายของเมล็ดบัว 13.3±3.8% ความสามารถในการทำงาน 1.2±0.02 kg h^{-1} และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.4 kW-h และจากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าใน 1 year ใช้เครื่องแทงดีบัว 1,440 h ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่อง 19 Baht kg^{-1} ระยะเวลาคืนทุน 3 month และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 82 h $year^{-1}$ เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน

คำสำคัญ: บัวหลวง, เมล็ดบัวหลวง, ดีบัว, เครื่องแทง

Abstract

A machine for removing the lotus seed embryo was designed and fabricated to reduce the puncturing time and a number of workers. The prototype consisted of a main frame, conveyor unit, removing unit, power transmission unit and a gear motor. Lotus seeds were manually fed to the feeding chute of the conveyor unit at the back of the machine. The seeds were further conveyed by the conveyor to the removing unit and also the lotus seed embryo was pushed and falls to the discharge chute. The lotus seeds were conveyed and fall to another discharge chute at the front of the machine. At the conveyor speed of 0.5 m min^{-1}, the machine gave the best operation. The removal percentage was 70.0±5.2%, contained 13.3±3.8% of damaged seed, working capacity 1.2±0.02 kg $h.^{-1}$, and energy consumption of 0.4 kW-h. Based on the engineering economic analysis compared to the manual removing, it showed that the total cost of 19 Baht kg^{-1} was found and the payback period is 3 months. Also the break-even point of the machine was 82 h $year^{-1}$ for 1,440 hours annually.

Keywords: Lotus, Lotus seed, Lotus seed embryo, Removing machine

1 บทนำ

ประเทศไทยได้สนับสนุนให้ปลูกบัวเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขังไม่สามารถปลูกพืชชนิดอื่นได้ โดยมีพื้นที่ปลูกบัวประมาณ 5,000 ไร่ กระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ เช่น นนทบุรี นครปฐม สุพรรณบุรี อุบลราชธานี ขอนแก่น พิจิตร พะเยา นครสวรรค์ พิษณุโลก และพัทลุง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

ดีบัว หรือไส้ในของลูกบัว คือส่วนที่มีสีเขียว ลักษณะเรียวยาวอยู่ใจกลางเมล็ดบัว มีรสขม เป็นผลพลอยได้ในกระบวนการกะเทาะเมล็ดบัวออกจำหน่าย ในอดีตเป็นส่วนที่เหลือทิ้งแต่ในปัจจุบันพบว่าดีบัวเป็นยาสมุนไพรที่มีสรรพคุณบำรุงหัวใจ ละลายไขมันในเลือด ลดความดันโลหิต และใช้เป็นยาขยายหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจ (ทวีศักดิ์, 2550) อีกทั้งยังมีการรับรองจากกระทรวงสาธารณสุข ดีบัวจึงเป็นที่นิยมนำมาบริโภคเพิ่มมากขึ้น โดยนำมาชงกับน้ำร้อนแล้วดื่มเป็นชา หรือปั้นเป็นเม็ด กินก่อนอาหารเช้าและเย็น นอกจากนั้นดีบัวยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สินค้าโอท็อปของจังหวัดที่มีการทำนาบัว เช่น วิสาหกิจชุมชนกลุ่มสตรีบึงสีไฟ อ.เมือง จ.พิจิตร ผลิต “ดีบัวแคปซูล” โดยใช้วิธีการตากหรืออบแห้ง แล้วนำมาบดให้ละเอียดบรรจุลงในแคปซูล จำหน่ายให้กับนักท่องเที่ยวทั้งในจังหวัดพิจิตรและจังหวัดใกล้เคียง ซึ่งดีบัวแคปซูลและเมล็ดบัวอบแห้งกลายมาเป็นผลิตภัณฑ์สินค้าประจำจังหวัดพิจิตร มียอดจำหน่ายแต่ละปีกว่า 1.2 ล้านบาท (พรพรรณ, 2552)

วิธีการแกะเปลือกเมล็ดบัวและแทงดีบัวในปัจจุบัน เริ่มจากเกษตรกรจะใช้มีดกรีดรอบเมล็ดบัว ใช้มือแกะเปลือก ขูดเยื่อออกและใช้ไม้จิ้มฟันแทงดีบัวออกจากเมล็ด (Figure 1) แล้วแยกเมล็ดบัวและดีบัวนำไปแปรรูปหรือจำหน่ายต่อไป ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวยังใช้แรงงานคนเป็นหลัก ทำให้เกษตรกรเสี่ยงต่อการถูกมีดบาด ใช้เวลาและแรงงานในการแกะค่อนข้างมาก จากการสืบค้นข้อมูลยังไม่พบว่ามีการนำเครื่องจักรกลเกษตรมาใช้ในการแกะเมล็ดบัวหลวงในประเทศไทย แต่มีใช้ในต่างประเทศ เช่น ประเทศจีน ซึ่งไม่สามารถนำเครื่องดังกล่าวมาใช้ในประเทศไทยได้ เนื่องจากเมล็ดบัวมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ส่วนเครื่องแทงดีบัวยังไม่พบว่ามีการใช้ทั้งในและต่างประเทศ ดังนั้นจึงควรทำการวิจัยทั้งเครื่องแกะเมล็ดบัวและเครื่องแทงดีบัวเพื่อช่วยลดปัญหาดังกล่าวข้างต้น และช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชนของประเทศเราให้มีความเข้มแข็งต่อไป ซึ่งงานวิจัยที่นำเสนอในบทความนี้จะอยู่ในส่วนของการพัฒนาเครื่องแทงดีบัวสำหรับแทงดีบัวออกจากเมล็ด เหมาะสมกับบัวพันธุ์ที่ปลูกในประเทศ

Figure 1 Traditional lotus seed embryo removing method.

2 อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญในการออกแบบและพัฒนาเครื่องแทงดีบัวที่ปลูกในประเทศไทย ซึ่งมีวิธีการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ

2.1.1 ศึกษาปัญหาและวิธีการแทงดีบัวของเกษตรกร

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและวิธีการแทงดีบัวของเกษตรกรในปัจจุบัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องแทงดีบัวต้นแบบกับวิธีการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จากการสัมภาษณ์กลุ่มแม่บ้านบึงสีไฟ อ. เมือง จ. พิจิตร ได้ผลการศึกษาดังนี้

- แรงงานส่วนใหญ่เป็นแรงงานภายในชุมชน โดยจำนวนแรงงานและเวลาที่ใช้ในการแกะ และแทงเมล็ดบัวขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตของเมล็ดบัว
- ค่าจ้างแรงงานแกะ และแทงเมล็ดบัว 70 Baht kg-1
- ปริมาณการแกะและแทงเมล็ดบัวต่อวันประมาณ 20 kg (ทำงาน 7-8 h) โดยขึ้นอยู่กับความชำนาญ ใช้แรงงาน 6-8 คน หรือเฉลี่ยต่อคนทำงานได้ 0.3 kg h-1
- ในการทำงานจะแทงดีบัวออกจากเมล็ดบัวจนหมด ถ้าแทงครั้งแรกไม่ออกจะแทงซ้ำอีกจนกว่าดีบัวจะหลุดออกมา และมีเมล็ดบัวแตกเสียหายจากการทำงาน 0.7%
- ปัญหาที่พบในขั้นตอนการแกะและแทงเมล็ดบัว คือ ความเหนื่อยยาก และความไม่ปลอดภัยในการทำงาน เช่น ยางของเมล็ดบัวหลวงทำให้มือดำล้างไม่ออก เกิดอุบัติเหตุจากมีดบาดหรือไม้จิ้มฟันแทงมือ และบางช่วงที่มีผลผลิตของเมล็ดบัวออกมามาก แรงงานที่มีอยู่ไม่เพียงพอ ทำให้เมล็ดบัวที่เก็บไว้นานจะแกะยากและเน่าเสียหาย

2.1.2 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวง

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวงสำหรับใช้ในการออกแบบเบ้าลำเลียงเมล็ดบัว ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความยาวเฉลี่ยของ

เมล็ดบัว (Figure 2) โดยเมล็ดบัวหลวงที่ใช้ศึกษาเป็นเมล็ดบัวหลวงปทุมเก็บจากฝักอายุ 30 day หลังจากที่ดอกร่วง ซึ่งเป็นอายุที่แก่พอเหมาะและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง จากการสุ่มวัดขนาดเมล็ดบัวหลวงจำนวน 500 เมล็ด ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ได้เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 13.05±1.1 mm และความยาวเฉลี่ย 20.72±3.2 mm

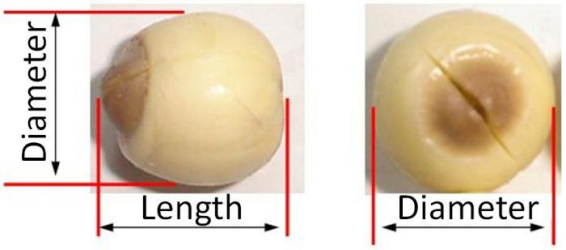


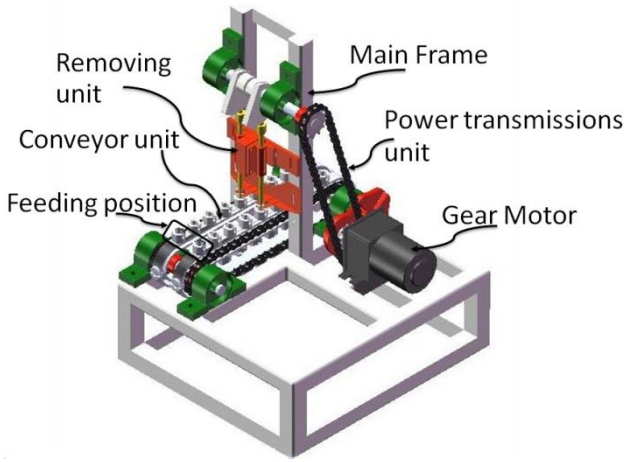
Figure 2 Schematic of lotus seed for dimension measurement.

2.2 ออกแบบและสร้างเครื่องแทงดีบัว

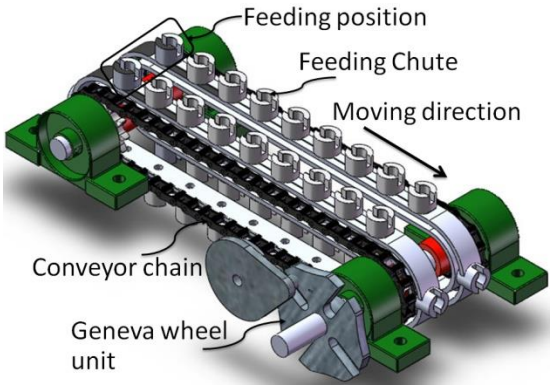
หลังจากการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบเครื่องต้นแบบได้ถูกออกแบบตามหลักการออกแบบทางวิศวกรรม (Shigley and Mischke, 1989) และหลักการออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร (Krutz et al., 1994) เครื่องแทงดีบัวประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก คือ โครงสร้างของเครื่อง (Main frame) ชุดลำเลียงเมล็ดบัว (Conveyor unit) ชุดแทงดีบัว (Removing unit) ระบบส่งกำลัง (Power transmission unit) และมอเตอร์เกียร์ (Gear motor) ดัง Figure 3

- โครงสร้างของเครื่อง: ใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องต้นแบบ มีขนาด 400x450x565 mm (กว้างxยาวxสูง) สร้างจากเหล็กกล่องขนาด 31x31 mm หนา 2 mm โดยอุปกรณ์ส่วนใหญ่ถูกยึดเข้ากับโครงสร้างด้วยนอตและสกรู
- ชุดลำเลียงเมล็ดบัว (Figure 3b) : ทำหน้าที่รับเมล็ดบัวจากการป้อนของผู้ควบคุมเครื่อง แล้วลำเลียงเมล็ดบัวไปแทงดีบัวออกที่ชุดแทงดีบัว ประกอบด้วย เข้ารับเมล็ดบัว (Feeding chute) โซ่ลำเลียง (Conveyor chain) และใช้ล้อเจนิวา (Geneva wheel unit) เป็นตัวขับเคลื่อน เข้ารับเมล็ดบัวสร้างจากซุปเปอร์ลีน ลักษณะเป็นทรงกระบอก และมีช่องรับเมล็ดบัวเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 mm ซึ่งการออกแบบจะอ้างอิงจากขนาดเมล็ดบัวหลวงที่ใหญ่ที่สุด การทำงานของชุดลำเลียงเมล็ดบัวจะต้องสัมพันธ์กับการทำงานของชุดแทงดีบัว โดยชุดลำเลียงจะเคลื่อนที่เป็นจังหวะตามการหมุนของล้อเจนิวา ซึ่งเข้ารับเมล็ดบัวจะต้องเคลื่อนมาหยุดให้ตรงกับจังหวะที่เข็มแทงเคลื่อนที่ลงมาแทงดีบัว และเคลื่อนที่ต่อไปหลังจากที่เข็มแทงได้เคลื่อนที่กลับขึ้นไปแล้ว
- ชุดแทงดีบัว (Figure 3c): ทำหน้าที่แทงแยกดีบัวออกจากเมล็ดบัว ประกอบด้วย ชุดเข็มแทง (Puncturing unit) ซึ่งเข็มแทง (Puncher) มีลักษณะปลายมนเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 mm โดยอ้างอิงจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ที่สุดของไม้จิ้มฟัน และใช้อุปกรณ์ลูกเบี้ยว (Cam) ควบคุมจังหวะการแทงของชุดเข็มแทงให้สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของชุดลำเลียงเมล็ดบัว ซึ่งในจังหวะการแทง เมื่อเข้ารับเมล็ดบัวได้เคลื่อนมาหยุดตรงกับชุดเข็มแทงส่วนนูนของลูกเบี้ยวจะต้องหมุนมากดให้เข็มแทงเคลื่อนที่ลงมาแทงดีบัว หลังจากนั้นเข็มแทงจะเคลื่อนที่กลับด้วยแรงของสปริงในจังหวะที่ลูกเบี้ยวหมุนผ่านส่วนนูนไปแล้ว
- ระบบส่งกำลัง: การส่งกำลังไปยังส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องต้นแบบจะใช้ระบบเฟืองโซ่และโซ่ เนื่องจากต้องการความแม่นยำในการเคลื่อนที่ของชุดลำเลียงกับชุดแทงดีบัว จากการทดสอบแทงดีบัวเบื้องต้นโดยใช้ไม้จิ้มฟัน พบว่าเมื่อแทงดีบัวด้วยความเร็ว ดีบัวไม่ค่อยหลุดออกมาจากเมล็ดและยังฉีกขาดบางส่วน แต่เมื่อแทงช้าๆ ดีบัวจะหลุดออกมาได้ดีและไม่เสียหาย ดังนั้นการออกแบบอัตราทดของระบบส่งกำลังจึงได้พิจารณาให้ความเร็วของชุดเข็มแทงเคลื่อนที่ช้าๆ แต่ต้องสัมพันธ์กับความเร็วของชุดลำเลียงที่ต้องเคลื่อนที่ให้เร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อให้เครื่องมีความสามารถในการทำงานสูงสุดเท่าที่จะทำได้ จึงออกแบบให้ทั้งสองชุดทำงานที่ความเร็วรอบของตัวขับเท่ากัน
- มอเตอร์เกียร์: ถูกเลือกให้เป็นต้นกำลังเนื่องจากเครื่องต้นแบบทำงานที่ความเร็วรอบต่ำ และยังสะดวกในการปรับความเร็วรอบเพื่อทดสอบเครื่อง ซึ่งสามารถปรับความเร็วรอบได้ระหว่าง 90-1,400 rpm มีขนาด 60 W

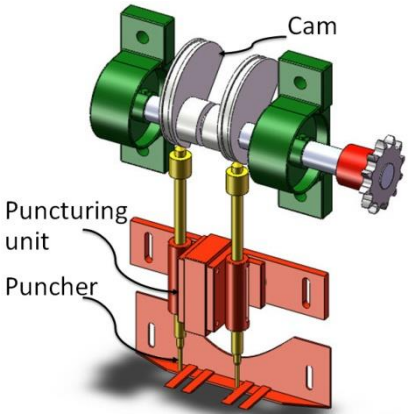
หลักการทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ควบคุมป้อนเมล็ดบัวลงในเข้าป้อนเมล็ดบัวของชุดลำเลียงทางด้านท้ายของตัวเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัวหลวงจะถูกลำเลียงเข้าสู่ชุดแทงดีบัว ซึ่งดีบัวที่ถูกแทงจะร่วงลงสู่ช่องรับดีบัว ส่วนเมล็ดบัวจะเคลื่อนที่ไปกับชุดลำเลียงเมล็ดบัวและร่วงลงสู่ช่องรับเมล็ดบัวทางด้านหน้าของเครื่อง



a) The lotus seed embryo removing machine design by using CAD.



b) The conveyor unit.



c) The removing unit.

d) The prototype of the lotus seed embryo removing machine.

Figure 3 The schematic of the lotus seed embryo removing machine prototype.

2.3 การทดสอบและประเมินผล

เครื่องแทงดีบัวต้นแบบได้ถูกทดสอบสมรรถนะการทำงาน และคุณภาพในการแทงดีบัว โดยประเมินสมรรถนะการทำงานจากเปอร์เซ็นต์การแทงดีบัว (Percentage of removing) (%, Equation 1) เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย (Percentage of damage) (%, Equation 2) ความสามารถในการทำงาน (Working Capacity) (kg h^{-1}, Equation 3) และอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (Power requirements) (kW-h, Equation 4)

$$\frac{\text{จำนวนเมล็ดที่แทงดีบัวออก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่ใช้ทดสอบทั้งหมด}} \quad (1)$$

$$\frac{\text{จำนวนเมล็ดที่เสียหาย}}{\text{จำนวนเมล็ดที่ใช้ทดสอบทั้งหมด}} \quad (2)$$

$$\frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวที่แทงดีบัวออกได้ทั้งหมด}}{\text{เวลาทำงานทั้งหมด}} \quad (3)$$

$$\frac{IVt}{1000} \quad (4)$$

เมื่อ I = กระแสไฟฟ้า (A)

V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)

t = เวลาในการทำงาน (h)

ใช้เมล็ดบัวหลวงปทุมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 9-13±1.2 mm ความยาวเฉลี่ย 17±1.5 mm (สุ่มวัด 100 เมล็ดด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์) ตลอดการทดสอบ จากการทดสอบเบื้องต้น

พบว่าความเร็วของชุดลำเลียงที่ต่ำกว่า 0.5 m min^{-1} ไม่มีผลต่อคุณภาพในการแทงดีบัวในส่วนของเปอร์เซ็นต์การแทงดีบัว และเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย แต่ถ้าเครื่องทำงานที่ความเร็วของชุดลำเลียงช้าลงจะทำให้ความสามารถในการทำงานลดลงเช่นกัน ดังนั้นจึงเลือกทดสอบที่ความเร็วของชุดลำเลียง 0.5, 0.6 และ 0.7 m min^{-1} ตามลำดับ ที่แต่ละความเร็วรอบทำการทดสอบซ้ำกัน 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้เมล็ดบัว 50 เมล็ด

2.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

2.4.1 การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย

วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวมเกี่ยวกับต้นทุนในการใช้งานเครื่องแทงดีบัว สมมติว่าเกษตรกรซื้อเครื่องแทงดีบัวแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องแทงดีบัวได้ 5 year) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10%) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการแทงดีบัว (Hunt, 1995)

2.4.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay-back period)

เป็นการคาดคะเนว่า เมื่อลงทุนใช้เครื่องแทงดีบัวไปแล้วจะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะเวลากี่ปี โดยพิจารณาจากการทราบค่า (i = 10%) แต่ไม่ทราบค่า n ทำการเปลี่ยน n ไปเรื่อยๆ จนค่าทั้งสองข้างของสมการเท่ากันก็จะได้ค่า n โดยที่ n คือระยะเวลาคืนทุน (year)

2.4.3 การคำนวณหาจุดคุ้มทุน (Break-even point)

เป็นการคำนวณเปรียบเทียบการแทงดีบัว โดยใช้แรงงานคนกับเครื่องต้นแบบว่าสามารถใช้ต้นทุนในการทำงานเท่ากับต้นทุนของการแทงดีบัวได้ปริมาณเท่าไร

3 ผลและวิจารณ์

3.1 เปอร์เซ็นต์การแทงดีบัว

จากการทดสอบเครื่องแทงดีบัวต้นแบบที่ความเร็วรอบของชุดลำเลียงต่างๆ (Figure 4) พบว่าที่ความเร็ว 0.5, 0.6 และ 0.7 m min^{-1} มีเปอร์เซ็นต์การแทงดีบัว 70.0±5.2, 53.3±4.8 และ 50.0±5.6% ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์การแทงดีบัวจะลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วของชุดลำเลียง และมีค่าสูงที่สุดเมื่อชุดลำเลียงมีความเร็ว 0.5 m min^{-1}

ขณะทดสอบเมื่อเพิ่มความเร็วของชุดลำเลียงขึ้น ความเร็วในการแทงของชุดแทงดีบัวจะต้องเร็วขึ้นให้เท่ากับความเร็วของชุดลำเลียงเพื่อให้ทันกับความเร็วในการป้อนของชุดลำเลียงดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อของการออกแบบระบบส่งกำลังของเครื่องต้นแบบ จากการสังเกตพบว่าความเร็วของชุดแทงดีบัวที่เพิ่มขึ้นนี้จะส่งผลให้ดีบัวฉีกขาดและติดอยู่ในเมล็ดบัว จึงทำให้เปอร์เซ็นต์การแทงดีบัวลดลง นอกจากนั้นในบางจังหวะการแทงเมล็ดบัวของชุดเข็มแทง จะมีเมล็ดบัวบางเมล็ดเกิดการแตกเสียหายจากการกระแทกของเข็มแทง ดังนั้นความเร็วของชุดลำเลียงที่ 0.5 m min^{-1} จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน

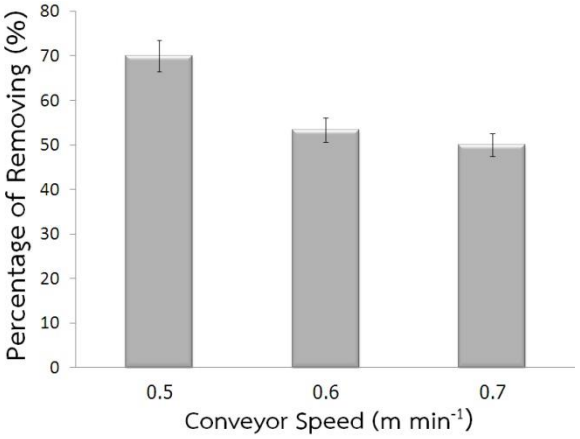


Figure 4 Removing percentages at different conveyor speeds.

3.2 เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย

เมล็ดบัว ดีบัว และเมล็ดบัวที่เสียหายจากการทดสอบเครื่องต้นแบบแสดงใน Figure 5 ที่ความเร็ว 0.5, 0.6 และ 0.7 m min^{-1} เมล็ดบัวมีความเสียหาย 13.3±3.8, 16.7±4.5 และ 26.7±5.7% ตามลำดับ (Figure 6) เมื่อเพิ่มความเร็วของชุดลำเลียง เมล็ดบัวจะมีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายเพิ่มขึ้นเนื่องจากแรงกระแทกของชุดเข็มแทงที่มีความเร็วเพิ่มขึ้น เป็นผลให้เมล็ดบัวบางเมล็ดแตกเสียหายจากการกดอัดกับเบ้ารับเมล็ดบัว ดังนั้นความเร็วของชุดลำเลียงที่ควรนำไปใช้จึงไม่ควรเกิน 0.5 m min^{-1} เพราะเมล็ดบัวจะเสียหายเพิ่มขึ้นดังผลการทดสอบที่กล่าวไว้ข้างต้น

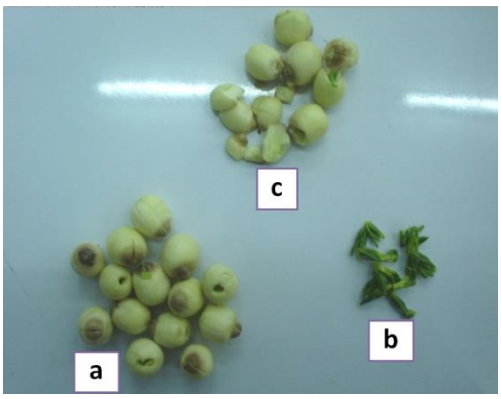


Figure 5 Lotus seed (a), lotus seed embryo (b) and Seed damaged (c) after removing by the prototype.

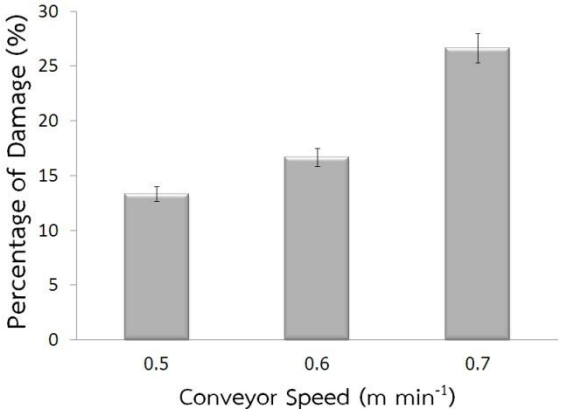


Figure 6 Seed damaged at different conveyor speeds.

3.3 ความสามารถในการทำงานของเครื่องแทงดีบัว

ความสามารถในการทำงานของเครื่องแทงดีบัวจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วของชุดลำเลียง ที่ความเร็ว 0.5, 0.6 และ 0.7 m min^{-1} เครื่องสามารถทำงานได้ 1.2±0.02, 1.5±0.05 และ 1.9±0.09 kg h^{-1} (Figure 7) แต่ในการทำงานควรจะใช้ความเร็วที่ทำให้เครื่องมีเปอร์เซ็นต์การแทงดีบัวสูงที่สุด และมีความเสียหายน้อยที่สุด ซึ่งเท่ากับ 0.5 m min^{-1} และจากการสังเกตขณะทดสอบพบว่าความเร็วนี้เป็นความเร็วที่ผู้ควบคุมเครื่องสามารถป้อนเมล็ดบัวได้อย่างสบายขณะทำงาน (ทำงานโดยไม่มีความเครียด) กว่าความเร็วที่สูงกว่านี้

3.4 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

จากการทดสอบจะเห็นว่าช่วงความเร็วของชุดลำเลียงที่ใช้ในการทดสอบทั้งสามความเร็ว ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างในการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยจะมีค่าประมาณ 0.04 kW-h (Figure 8) ซึ่งจะนำค่านี้ไปเป็นค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมต่อไป

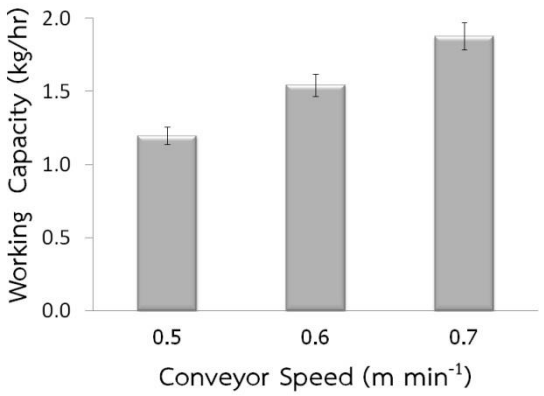


Figure 7 Machine capacity at different conveyor speeds.

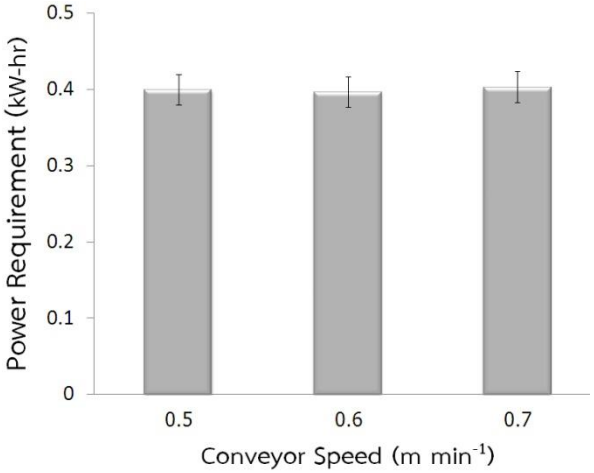


Figure 8 Power requirements at conveyor speeds.

3.5 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยคิดที่ราคาเครื่องต้นแบบ 20,000 Baht (Table 1) อายุการใช้งาน 5 year อัตราดอกเบี้ย 10% ใช้ผู้ควบคุมเครื่อง 1 คน ความสามารถในการทำงาน 1.2±0.02 kg h^{-1} อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 0.4 kW-h และทำงาน 1,440 h $year^{-1}$ จะได้ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่อง 19 Baht kg^{-1} ระยะเวลาคืนทุน 3 month และจุดคุ้มทุน 82 h $year^{-1}$ เมื่อเปรียบเทียบกับการแทงดีบัวด้วยแรงงานคน 1 คน ที่ทำงานได้ 0.3 kg h^{-1} ด้วยค่าจ้าง 70 Baht kg^{-1}

4 สรุป

จากการทดสอบสมรรถนะเครื่องแทงดีบัวโดยใช้ค่าชี้วัดการศึกษา คือ เปอร์เซ็นต์การแทงดีบัว เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย ความสามารถในการทำงาน และอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ความเร็วชุดลำเลียง 0.5 m min^{-1} โดยเครื่องสามารถทำงานได้ 1.2±0.02 kg h^{-1} แทงดีบัวได้ 70±5.2% ความเสียหาย 13.3±3.8% และใช้พลังงานไฟฟ้า 0.4 kW-h สามารถทำงานได้เร็วกว่าเกษตรกร 4 เท่า แต่ยังมี

เปอร์เซ็นต์ความเสียหายที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงควรศึกษาวัสดุที่ใช้สร้างเบ้ารับเมล็ดบัวชนิดต่างๆ เพื่อช่วยลดความเสียหายของเมล็ดบัวที่เกิดจากการกระแทกของชุดแทงดีบัวกับเบ้ารับเมล็ดบัว ให้เครื่องแทงดีบัวสามารถนำไปใช้ทดแทนแรงงานคนได้ต่อไป

Table 1 Price of lotus seed embryo removing machine prototype.

Item	Amount (Baht)
1. Gear motor and speed control	6,000
2. Materials cost	
2.1 Main frame	1,000
2.2 Conveyor unit	4,500
2.3 Removing unit	2,500
2.4 Power transmission unit	2,000
3. Skilled labor cost for fabrication	4,000
Total	20,000

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สกว. ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย และภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร. ธัญบุรี ที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบต่างๆ

6 เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. สถานการณ์การผลิตบัว. แหล่งข้อมูล: http://www.doae.go.th/LIBRARY/html/detail/sacreslotus/01.htm. เข้าถึงเมื่อ 20 เมษายน 2552.

ทวีศักดิ์ สุนทรธนศาสตร์. 2550. เมล็ดบัว. นิตยสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 22(1), 33-34.

พรพรรณ วิจิตรวิทยาพงศ์. 2552. เมล็ดบัวแปรรูปที่พิจิตร สร้างงาน-เงิน ให้ชาวบึงสีไฟ. คอลัมน์ ชุมชนเข้มแข็ง. หนังสือพิมพ์มติชน. แหล่งข้อมูล: http://www.matichon.co.th/matichon/view_news.php?newsid. เข้าถึงเมื่อ 20 กันยายน 2553.

Hunt, D. 1995. Farm Power and Machinery. (9th ed.). Iowa, State University Press. Ames: Iowa.

Krutz, G., Thomson, L., Claar, P. 1994. Design of Agricultural Machinery. John Wiley and Sons. New York Chicheter Brisbne, Toronto, Sigapore. 472 P.

Shigley, J.E., Mischke, C.R. 1989. Mechanical Engineering Design. (5th ed.). McGraw-Hill Book Company, USA. 779 P.